

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-216616

(43)Date of publication of application : 06.08.1992

(51)Int.Cl.

H01L 21/203

(21)Application number : 02-411554

(71)Applicant : A T R KOUDENPA TSUSHIN  
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 17.12.1990

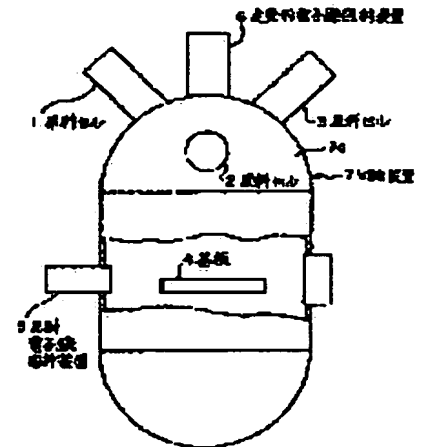
(72)Inventor : SHIGETA MITSUHIRO  
TAKEBE TOSHIHIKO  
YAMAMOTO TEIJI  
FUJII MOTOTADA  
KOBAYASHI KIKUO

(54) CONTROLLING METHOD FOR CONDUCTIVITY TYPE OF THIN FILM CRYSTAL FORMED BY MOLECULAR BEAM EPITAXIAL GROWTH, AND MOLECULAR BEAM EPITAXIAL DEVICE USING THE CONTROLLING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To control the conduction type of a thin film crystal for facilitating the manufacture of a quantum fine wire and the structure of a quantum case by a method wherein, in order to grow the Si doped GaAs thin film crystal on a face (III)A substrate of GaAs by a molecular beam epitaxial step, the thin film crystal is irradiated with electron beams.

CONSTITUTION: The radially protruding material cells 1, 3 are provided on the arc part 7a of an MBE device 7 in elliptic configuration. On the other hand, a scanning type electron beam irradiation device 6 irradiating electron beams is provided while a reflective electron beam diffraction device 5 irradiating substrate 4 with electron beams in the different direction from that of the irradiation device 6 is provided on the specific position on the part excluding the arc part 7a. In such a constitution the conductivity type of the thin film irradiated with electron beams is evaluated after the growth, with the result that the irradiated region with the scanning electron beams has an n-type.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

25

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-216616

(43) 公開日 平成4年(1992)8月6日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/203

M 7630-4M

審査請求 有 請求項の数4(全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平2-411554

(22) 出願日 平成2年(1990)12月17日

(71) 出願人 000127662

株式会社エイ・テイ・アール光電波通信研究所

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

(72) 発明者 繁田 光浩

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社エイ・テイ・アール光電波通信研究所内

(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分子線エピタキシャル成長薄膜結晶の伝導型制御方法及び当該制御方法を使用する分子線エピタキシャル装置

(57) 【要約】

【目的】 結晶の成長時にその成長方向あるいは成長面内に任意にp型の領域とn型の領域とを作製することができる伝導型の制御方法を提供すること、更に、量子細線や量子箱の構造を容易に作製することができる伝導型の制御方法を提供する。

【構成】 GaAs(111)A面基板上に分子線エピタキシャル法によりSiドープのGaAs薄膜結晶を成長する際に上記薄膜結晶に電子線を照射することにより上記薄膜結晶の伝導型を制御することを特徴としている。

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs(111)A面基板上に分子線エビタキシャル法によりSiドーブのGaAs薄膜結晶を成長する際に上記薄膜結晶に電子線を照射することにより上記薄膜結晶の伝導型を制御することを特徴とする分子線エビタキシャル成長薄膜結晶の伝導型制御方法。

【請求項2】 面方位が(111)A面あるいは(111)A面から(100)面方向への傾きが $3.1^\circ$ 以下の基板結晶、AsとGaとの原料供給比( $J_{As}/J_{Ga}$ )は1.4~2.0とし、電子線の加速を用い電圧が50~1000Vとする薄膜結晶の伝導型制御法。

【請求項3】 上記薄膜結晶への電子線の照射範囲を限定した、請求項1記載の分子線エビタキシャル成長薄膜結晶の伝導型制御方法。

【請求項4】 分子線エビタキシャル法によって薄膜結晶に不純物をドーピングする分子線エビタキシャル装置において、装置内に設けられる基板に蒸着させるための原料が装填される原料セルと、上記基板に成長する薄膜結晶の所定範囲を走査しながら電子線を照射する第1の電子線照射装置と、上記第1の電子線照射装置の出射する電子線とは異なる方向より上記薄膜結晶に電子線を照射する第2の電子線照射装置と、を備えたことを特徴とする分子線エビタキシャル成長薄膜結晶の伝導型を制御するための装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はSiを不純物とするGaAs薄膜結晶製造方法における伝導型制御方法に関し、成長中に電子線照射により任意の領域だけ他と異なる伝導型をもつ薄膜結晶を得る伝導型制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、GaAs等の化合物半導体において、例えばp-n接合のように、ひとつの結晶内に伝導型の異なる領域をもつ化合物半導体を作製する際には、2種類の不純物が用いられていた。GaAsの場合、n型にはSi、p型にはBeあるいはZn等の元素が不純物として最もよく用いられており、例えばp-n接合を作製する場合には、まずSiを用いてn型の層を、又はBeあるいはZnを不純物としてp型の層を所定の膜厚まで成長し、続いてはじめの層と逆の伝導型を示す不純物を用いてそれぞれp型またはn型の層を所定の膜厚まで成長する方法や、まずp型又はn型の結晶を成長させその後で成長層とは逆の伝導型を示す不純物をイオン注入により打ち込む方法等がある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 これらの方法はいずれも不純物原料が2種類以上必要であり、さらに前者の方法では、成長方向である膜厚方向のp-n接合は製作可能であるが面内でのp-n接合の製作は不可能であり、また後者の方法では接合界面の急峻性が悪い上に結晶成長作

2

業に加えてイオン注入、アニール等の作業が必要である。以上の状況からわかるように、不純物として1種類の元素を用いるだけで結晶内に他とは逆の伝導型を示す領域を任意に作製することが可能な方法の開発が望まれていた。分子線エビタキシャル(以下MBEという)法によるGaAsの成長ではSi、Ge等のIV族元素はGaAsに対して両性不純物であることが知られている。しかしながらこれまでは外部から伝導型の制御を行う方法は知られていない。更に量子細線や量子箱の作製の際には、~10nm程度の微小領域にドーピングする必要があり、これまではリソグラフや集束イオンビームが用いられてきた。これらの方法では微細加工に困難が伴う上、集束イオンビームの場合は上述のように界面での損傷が問題となる。このため従前の方法では微細な領域に制御性よく量子細線や量子箱構造を作製することが困難である。本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、結晶の成長時にその成長方向あるいは成長面内に任意にp型の領域とn型の領域とを作製することができる伝導型の制御方法を提供することを第1の目的とし、更に本発明は、量子細線や量子箱の構造を容易に作製することができる伝導型の制御方法を提供することを第2の目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段及びその作用】 本発明は、GaAs(111)A面基板上に分子線エビタキシャル法によりSiドーブのGaAs薄膜結晶を成長する際に上記薄膜結晶に電子線を照射することにより上記薄膜結晶の伝導型を制御することを特徴とする。このように薄膜結晶の成長時に当該結晶に電子線を照射することで上記結晶の伝導型を所望の伝導型とすることができるように作用する。又、本発明は電子線の照射範囲を限定することで、電子線が照射された範囲のみを所望の伝導型とすることが可能となり、量子細線や量子箱の構造を容易に作製することができるように作用する。

【0005】 さらに、本発明は分子線エビタキシャル法によって薄膜結晶に不純物をドーピングする分子線エビタキシャル装置において、装置内に設けられる基板に蒸着させるための原料が装填される原料セルと、上記基板に成長する薄膜結晶の所定範囲を走査しながら電子線を照射する第1の電子線照射装置と、上記第1の電子線照射装置の出射する電子線とは異なる方向より上記薄膜結晶に電子線を照射する第2の電子線照射装置と、を備えたことを特徴とする。

【0006】 このように構成することで、上述した量子細線や量子箱の構造を容易に作製することができる分子線エビタキシャル装置を提供することができる。

## 【0007】

## 【実施例】 第1の実施例

本発明の伝導型制御方法は、1種類の不純物を用いるだけでp型の層もn型の層も得られ、更に成長方向だけでな

く面内にもp-n接合を容易に作製することが可能な点で従来の技術とは大きく異なる。SiはGaAsに対する両性不純物である為、基板に成長する薄膜結晶の成長条件を変化させることで当該結晶の伝導型を制御することができる。MBEでは基板表面に付着するSiがGaサイトにはいるかAsサイトに入るかで伝導型が決定される。即ち、SiがAsサイトに入ればp型となり、Gaサイトに入ればn型となる。

【0008】GaAs(111)A面を基板として用いると、表面はGa原子からの電子が多い状態であるのでアクセプター様の電子状態を形成していると考えられる。したがって通常の成長条件でSiをドーピングすると表面の電子状態を引き継いで成長するためp型のGaAsが得られる。しかしながら、電子線を照射すると表面の電子状態は著しく変化し電子状態はむしろドナー様つまり、As原子からの電子が多い状態になると考えられる。そのため電子線を照射しながらSiをドーピングすると基板表面ではAs分子とSi原子の付着確率がp形の場合と異なりn型のものへと変化しその結果GaAsはn型になる。

【0009】以下に、本発明の伝導型制御方法の一実施例について説明する。本実施例では成長用基板としてGaAs(111)A面を(100)方向へ0度、1度、3度、5度、19.5度、29.5度傾斜した基板を用いた。又、上記基板は成長前に硫酸系の液でエッチングを行なった。次に、上記基板をMBE装置に導入後、700℃で5分間加熱し表面を清浄化した。その後、上記基板温度を550～650℃に下げ、又、反射電子回折装置を使用しその加速電圧を10KVとし電子線を基板に照射しながら、Siをドーピングしながら結晶の成長を行なった。尚、結晶成長時のGaセル温度は790～795℃、Asセル温度は250～270℃の範囲であった。これに対応してAsとGaの原料供給比( $J_{As}/J_{Ga}$ )は1.4ないし2.0に変化する。成長速度は0.7～1 $\mu\text{m/hr}$ であった。尚、Siセル温度は1250～1350℃の範囲で変化させた。これによりSi密度は $10^{16}$ ～ $10^{19}/\text{cm}^3$ に変化させる事が出来る。

【0010】成長後フォトルミネッセンス及びホール測定により伝導型を評価したところn型になっていることが分かった。

#### 【0011】第2の実施例

上記第1の実施例では結晶が成長している基板の全体に対して電子線照射を行ったが、本実施例では成長用基板

の10mm×10mmの限られた領域について電子線を走査させながら照射を行った。尚、成長前における基板の処理や成長方法は実施例1に示した方法と同一である。

【0012】本実施例における方法を実行するためのMBE装置と電子線照射装置との一例について以下に説明する。図1において、外形が円形状のMBE装置7の円弧部7aには、この円弧部7aより放射状に突出する原料セル1ないし3が設けられる、この原料セル1ないし3には例えばGa、As、Al等の原料が入っている。MBE装置7の内部には電子線が照射される例えばGaAsの基板4が設置される。又、上記円弧部7aであってMBE装置7の中心線上には、基板の所定領域に電子線を走査させながら当該領域に電子線を照射する走査形電子線照射装置6が設けられ、さらに、上記円弧部7a以外の部分であって所定の箇所には上記照射装置6とは異なる方向より基板4に電子線を照射する反射電子線回折装置5が設けられる。

【0013】このようなMBE装置において走査型電子線照射装置6及び反射電子線回折装置5を使用し基板4上の上述した範囲に電子線を照射した。照射した電子線の加速電圧は50Vから10KVまで変化させた。

【0014】電子線の照射された薄膜結晶について成長後フォトルミネッセンス及びホール測定により伝導型を評価したところ電子線を走査しながら照射した領域はn型になっていることが分かった。この方法で電子線を照射する領域を狭くしたりあるいは任意の形のパターンを書いてその領域のみn型にする事ができることは明らかである。よって、表面ドーピング超格子やさらに量子細線構造の実現も可能となり、しいては光デバイスとして光変調器等への応用も可能となる。

#### 【0015】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、薄膜結晶が成長する際に電子線を照射することにより、これまで困難とされていた表面の任意の領域の伝導形を制御できるばかりでなく、表面ドーピング超格子やさらに量子細線構造の実現することができる。

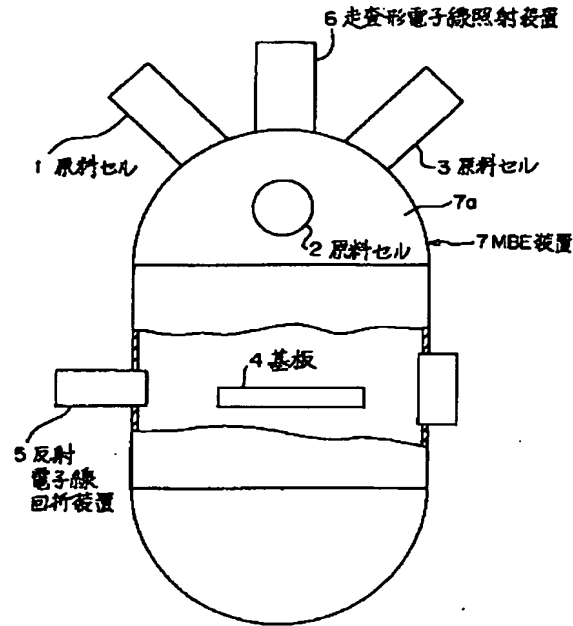
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の伝導型制御方法を実行するためのMBE装置と電子線照射装置の一例を示す図である。

#### 【符号の説明】

1ないし3…原料セル、4…基板、5…反射電子線回折装置、6…走査形電子線照射装置。

【図1】



## 【手続補正書】

【提出日】平成3年2月27日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 GaAs (111) A面基板上に分子線エピタキシャル法によりSiドープのGaAs薄膜結晶を成長する際に上記薄膜結晶に電子線を照射することにより上記薄膜結晶の伝導型を制御することを特徴とする分子線エピタキシャル成長薄膜結晶の伝導型制御方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項2】 面方位が(111)A面あるいは(111)A面から(100)面方向への傾きが31°以下の基板結晶、AsとGaとの原料供給比(JAs<sub>4</sub>/JGa)は1.4~2.0とし、電子線の加速を用い電圧が50~10000Vとする薄膜結晶の伝導型制御方法。

フロントページの続き

(72)発明者 武部 敏彦

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波  
通信研究所内

(72)発明者 山本 倅二

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波  
通信研究所内

(72)発明者 藤井 元忠

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波  
通信研究所内

(72)発明者 小林 規矩男

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波  
通信研究所内